УДК 519.86

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В ОСНОВНЫХ СХЕМАХ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

В. А. Терновский

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 февраля 2011 г.

Аннотация: *статья посвящена построению и анализу математических моделей налогообложения для различных классических экономических схем производственной и рыночной деятельности. Все анализируемые модели показывают, что для проведения социально направленной политики налогообложения государство должно регулировать налоговую политику в стране.*
Ключевые слова: *математические модели налогообложения, модели экономик, производства и потребления, модели равновесных рынков.*

Аннотация: *the work is devoted to construction and analysis of mathematical models of the taxation for the various classical economic circuits of industrial and market activity. All analyzed models show, that for realization of the socially directed politics of the taxation the state in this or that form and degree should on the certain stage to adjust tax politics in the country.*
Key words: *mathematical models of the taxation, models of economy, manufacture and consumption, models of the equilibrium markets.*

Классические схемы динамики различных экономик хорошо изучены. Определению точной математической зависимости изменения целевой функции при введении налога (например, от величины ставки налога на прибыль) за один цикл посвящено не так много работ. Отметим работы [1–4]. Суммарное налогообложение, связанное с долгосрочным инвестированием, изучено мало [5, 6]. Работа посвящена получению аналитической зависимости целевых функций или условий равновесия от фактора введения налога. Показано, что во всех исследуемых в работе случаях для компенсации последствий введения налога необходимо вмешательство государства.

1. Модель Неймана. Пусть A матрица затрат, а B – матрица выпуска. Обозначим через Z вектор, который характеризует интенсивность развития. Основной задачей экономики Неймана является задача нахождения траектории максимального роста:

$$\begin{gathered} \lambda \to \max \\ BZ \ge \lambda AZ, \quad Z \ge 0, Z \ne 0. \end{gathered} \tag{1}$$

Налог на прибыль. Рассмотрим один цикл работы экономики Неймана. Пусть ставка налога равна t. База для налога на прибыль равна $\left\langle \overline{P},(BZ)^{\to} \right\rangle - \left\langle \vec{P},(AZ)^{\to} \right\rangle$. Налог равен $t(\left\langle \overline{P},(BZ)^{\to} \right\rangle - \left\langle \vec{P},(AZ)^{\to} \right\rangle)$. Любая экономика «хотела бы», естественно, развиваться максимально быстро, и поэтому она «ищет» стационарную траекторию (λ, Z) максимального роста. Для этого нужно решить задачу (1). Введение налога уменьшит коэффициент роста и, следовательно, уменьшит базу налогообложения.

В работе [5] рассматривалась схема суммарного налогообложения. Для развивающейся экономики показано следующее: выгоднее сначала не взимать налоги и дать ей развиться, а потом собрать налоги, но уже за все периоды по оптимальной ставке. Так, если λ – коэффициент роста из задачи (1), то через n циклов коэффициент расширения будет равен:

$$\lambda_t^{(n)} = (\lambda - 1)(1-t)^n + 1. \tag{2}$$

Обозначим величину налога на прибыль в $k+1$ цикле N_{k+1}, тогда:

$$N_{k+1} = \lambda_t^{k+1} N_k \text{ и } N_0 = N = t(\left\langle \overline{P},(BZ)^{\to} \right\rangle - \left\langle \vec{P},(AZ)^{\to} \right\rangle).$$

Суммарное значение налога за n циклов равно:

$$\Sigma = \sum_{m=0}^{n} N_m = F(n,t)\left\langle \overline{P},((BZ)^{\to} - (AZ)^{\to}) \right\rangle,$$

$$F(n,t) = t\left[1 + \sum_{k=1}^{n-1} \prod_{i=1}^{k} \lambda_t^{(i)}\right].$$

Исследуя функцию $F(n,t)$ на экстремум при фиксированном n, в работе для каждой экономики с определенным коэффициентом расширения λ находится оптимальная ставка налогообложения $t^* = t(\lambda, n)$, при которой налоговые сборы за n циклов будут максимальными.

В ы в о д. *Максимальный суммарный сбор налога с быстро развивающегося производства может достигаться при ставках меньшего значения, чем ставка налога на прибыль при одном цикле. Этот факт имеет не только экономический эффект, но и социально благоприятную направленность.*

2. Модель Солоу [1, 3]. Состояние производства характеризуется пятью *эндогенными* переменными: Y – конечный продукт, L – трудовые ресурсы, K – фонды, I – инвестиции, C – размер непроизводственного потребления. Используем относительные показатели: производительность труда $y = Y/L$, фондовооруженность $k = K/L$. Функцию, определяющую годовой конечный продукт $Y = F(K, L)$, будем считать однородной и запишем в относительных переменных:

$$y = \frac{F(K,L)}{L} = \frac{LF(K/L,1)}{L} = F(k,1) = f(k).$$

Экзогенные показатели: ν – прирост трудовых ресурсов; μ – доля выбывших производственных фондов; ρ – норма накопления. Известно [1] дифференциальное уравнение для описания изменения фондовооруженности:

$$\frac{dk}{dt} = \rho f(k) - (\mu + \gamma)k(t), \quad k(0) = k_0 = K_0/L_0. \tag{3}$$

Решение уравнения (3) имеет вид:

$$t = \int_{k_0}^{k(t)} \frac{dk}{\rho f(k) - (\mu + \nu)k}. \tag{4}$$

Стационарные траектории. Пусть фондовооруженность не меняется, $dk/dt = 0$. Для определения k из уравнения (3) имеем равенство $f(k) = \left[\frac{\mu + \nu}{\rho}\right]k$. На рис. 1 видно, что существует единственное отличное от нуля решение k^0 фондовооруженности на стационарной траектории.

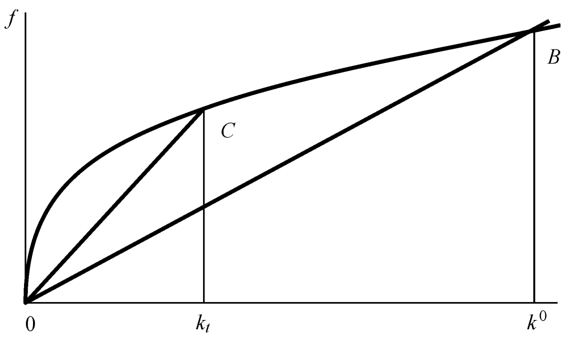

Рис. 1. НДС в модели Солоу с функцией Кобба–Дугласа

Модель налогообложения в экономике Солоу. Пусть t ставка налога. После введения налога уравнение (3) будет иметь вид:

$$\frac{dk}{dt} = \rho(1-t)f(k) - (\mu + \gamma)k(t), \quad k(0) = k_0 = K_0/L_0$$

и стационарная траектория $(1-t)f(k) = \left[\frac{\mu + \nu}{\rho}\right]k.$

В ы в о д. *Новое уравнение имеет решение, которое демонстрирует удушающее свойство налога.* ***Точка** C* *расположена ниже и левее точки B. На новой стационарной траектории уменьшилась не только фондовооруженность, но и производительность труда.*

3. Модель Эванса. Модель налогообложения линейного рынка подробно разобрана в пособии [1]. В этом пункте реализован новый подход, а именно: будем изучать изменение решения дифференциального уравнения изменения цены со временем, при условии введения налога по ставке τ. Обозначим функции спроса и предложения:

$$\Phi(p) = a - bp, a > 0, b > 0;$$
$$\psi(p) = \alpha + \beta p, \alpha > 0, \beta > 0.$$

Основное предположение модели состоит в том, что изменение цены пропорционально превышению спроса над предложением: $\Delta p = \gamma\left(\Phi(p(t)) - \Psi(p(t))\right)\Delta t$. Это предположение порождает дифференциальное уравнение изменения цены со временем:

$$\frac{1}{\gamma}\frac{dp}{dt} = -(b + \beta)p + a - \alpha, \quad p(0) = p_0.$$

Решение уравнения имеет вид:

$$p(t) = p_0 \times \exp(-\gamma(b+\beta)t) + \frac{a-\alpha}{b+\beta} \times \left[1 - \exp(-\gamma(b+\beta)t)\right].$$

Из решения следует, что при $t \to \infty$ есть неподвижная точка равновесия: $\lim\limits_{t\to\infty} p(t) = p^E = \frac{a-\alpha}{b+\beta}$. Будем считать, что с введением ставки налога τ функция спроса не изменяется (товар жизненно важен), а функция предложения изменится на функцию $\overline{\Psi}(p,\tau) = \psi(p - \tau)$. Соответственно, изменится уравнение и точка равновесия будет с большей ценой: $p_t = \frac{a + \beta\tau - \alpha}{b + \beta}$.

В ы в о д. *Введение налогов изменяет условия равновесия рынка, новое равновесие происходит с большей ценой. Рост цен, особенно на жизненно* *важные продукты (продукты питания), антисоциален по существу. Требуется вмешательство государства.*

4. Модель Вальраса. Рассматривается экономика с l потребителями ($i = 1, 2, ..., l$), m производителями ($k = 1, 2, ..., m$), n типами товаров ($j = 1, 2, ..., n$). Через $\vec{p} = (p_1, ..., p_n)$ обозначим вектор цен, а через $\vec{x} = (x_1, ..., x_n)'$ – вектор-столбец товаров. Модель Вальраса можно рассматривать как формализацию годового цикла производства и распределения товаров в результате взаимодействия субъектов экономики (потребителей и производителей), каждый из которых преследует свои цели [2]. Каждый потребитель обладает доходом $K(\vec{p})$ и имеет свое поле предпочтений товаров, которое задается в виде индикатора предпочтений, функцией полезности $U(\vec{x})$. Пусть X множество наборов видов товаров, являющееся областью определения функции полезности $U(\vec{x})$, а $\langle \vec{p}, \vec{x} \rangle$ – скалярное произведение векторов цен и количества товара. Обозначим через $X(\vec{p}) = \{\vec{x} : \vec{x} \in X, \langle \vec{p}, \vec{x} \rangle \le K(\vec{p})\}$ множество возможных наборов товаров, доступных потребителю при ценах $\vec{p}$. Функция спроса потребителя задается следующим образом:

$$\Phi(\vec{p}) = \begin{cases} \vec{x}^* : \vec{x} \in X(\vec{p}), \quad U(\vec{x}^*) = \max\limits_{\vec{x} \in X(\vec{p})} U(\vec{x}); \\ 0, \text{ если максимум не достигается.} \end{cases} \quad (5)$$

Каждый i-ый потребитель характеризуется своей функцией спроса $\Phi_i(\vec{p})$ и доходом $K_i(\vec{p})$. Предполагается [2], что доход каждого потребителя складывается из двух частей: из доходов $\langle \vec{p}, \vec{b}_i \rangle$ от продажи первоначальных запасов товаров *i*-го потребителя, которые определены вектором $\vec{b}_i$ и из дохода в результате участия потребителя в производстве, равного $l_i(\vec{p})$. Итак, доход *i*-го потребителя равен $K_i(\vec{p}) = \langle \vec{p}, \vec{b}_i \rangle + l_i(\vec{p})$.

Каждый k-ый производитель (фирма) задается своими технологическими возможностями. Обозначим через $\vec{y}_k = (y_{k1}, ..., y_{kn})'$ вектор-столбец *k*-го производителя. Положительные компоненты этого вектора задают выпуск фирмы, отрицательные компоненты – это затраты. Поэтому скалярное произведение $\langle \vec{p}, \vec{y}_k \rangle$ представляет собой прибыль фирмы. Технологические возможности фирмы определяются как множество всех допустимых векторов *затрат – выпуска* Y_k. Это множество называется *множеством производственных возможностей*. Естественно, что фирма старается максимизировать прибыль. Под функцией предложения фирмы понимается один или несколько векторов *затрат – выпуска*, которые при заданных ценах $\vec{p}$ максимизируют прибыль:

$$\Psi_k(\vec{p}) = \left\{ \vec{y}_k^* : \vec{y}_k \in Y_k, \quad \langle \vec{p}, \vec{y}_k^* \rangle = \max_{\vec{y}_k \in Y_k} \langle \vec{p}, \vec{y}_k \rangle \right\}. \quad (6)$$

Предполагается, что множество Y_k для каждого k замкнуто и содержит ноль: $0 \in Y_k$. Фирма может не производить продукцию и не делать затрат. *Вектор затрат – выпуска для всей экономики* определяется как сумма:

$$\vec{y} = \sum_{k=1}^{m} \vec{y}_k. \quad (7)$$

Общеэкономическое множество производственных возможностей обозначим

$$Y = \left\{ \vec{y} : \vec{y} = \sum_{k=1}^{m} \vec{y}_k, \quad \vec{y}_k \in Y_k, \quad k = 1, ..., m \right\}.$$

Распределение производства осуществляется выбором вектора затрат – выпуска $\vec{y}_k$ из технологического множества производственных возможностей Y_k. Сумма $\vec{y} = \sum_{k=1}^{m} \vec{y}_k$ представляет собой *производственный процесс*. Сумма собственности всех производителей $\vec{b} = \sum_{i=1}^{l} \vec{b}_i$ представляет собой совокупную первоначальную собственность. Множество $\{\vec{b}\} + Y$ представляет собой *множество совокупного предложения*. Распределение потребления осуществляется путем выбора каждым потребителем меню потребления $\vec{x}_i \in X_i$, $i = 1, ..., l$. Сумма $\vec{x} = \sum_{i=1}^{l} \vec{x}_i$ представляет собой *вектор совокупного спроса*. Некоторые компоненты могут быть отрицательными, если они представляют собой предложение (например, предложение труда). Под совместным распределением производства и потребления понимается такой набор векторов потребления и векторов затрат – выпуска $(\vec{x}_1, ..., \vec{x}_i, ..., \vec{x}_l, \vec{y}_1, ..., \vec{y}_k, ..., \vec{y}_m)$, $\vec{x}_i \in X_i$, $\vec{y}_k \in Y_k$, для которого совокупный спрос совпадает с совокупным предложением:

$$\vec{x} = \sum_{i=1}^{l} \vec{x}_i = b + \sum_{k=1}^{m} \vec{y}_k = \vec{b} + \vec{y}. \quad (8)$$

Согласно формулам (5) и (6) набор векторов $(\vec{x}_1^*, ..., \vec{x}_i^*, ..., \vec{x}_l^*, \vec{y}_1^*, ..., \vec{y}_k^*, ..., \vec{y}_m^*, \vec{p}^*)$ задает конкурентное равновесие в модели Вальраса, если:

$$\vec{x}_i^* \in \Phi_i(\vec{p}^*), i = 1, ..., l; \vec{y}_k^* \in \Psi_k(\vec{p}^*), k = 1, ..., m. \quad (9)$$

$$\vec{b} + \sum_{k=1}^{m} \vec{y}_k^* \ge \sum_{i=1}^{l} \vec{x}_i^*. \quad (10)$$

$$\left\langle \vec{p}, \left(\vec{b} + \sum_{k=1}^{m} \vec{y}_k^* \right) \right\rangle = \left\langle \vec{p}^*, \sum_{i=1}^{l} \vec{x}_i^* \right\rangle. \quad (11)$$

При этом вектор $\vec{p}^*$, на котором достигается равенство (11), называется *вектором конкурентных цен.* Соотношения (10, 11) называются *законом Вальраса в широком смысле*; если в (10) имеется равенство, то это *закон Вальраса в узком смысле* [2]. При этом каждый потребитель максимизирует свою полезность в ценах $\vec{p}^*$, а каждый производитель максимизирует свою прибыль в этих же ценах $\vec{p}^*$. Итак, существование конкурентного равновесия означает существование такой системы равновесных (конкурентных) цен, при которой согласуются конфликтные интересы потребителей и производителей. Сформулируем основное утверждение о существовании конкурентного равновесия.

Теорема Эрроу–Дебре. *Конкурентное равновесие существует при выполнении следующих условий:*

1. Множество X_i каждого потребителя является замкнутым, выпуклым и неограниченным множеством.

2. Множество X_i имеет нижнюю границу, $\exists \vec{c}_i$, такой, что покоординатно выполнено $\vec{x}_i \geq \vec{c}_i$ для $\vec{x}_i \in X_i$, $i = 1,...,l$.

3. Функции полезности U_i непрерывны и вогнуты на X_i, $i = 1,...,l$.

4. Каждый потребитель насыщаем и обладает положительной начальной собственностью $\vec{b}_i$, $i = 1,...,l$.

5. Каждое технологическое множество является замкнутым выпуклым множеством, содержащим ноль: $Y_k \subset R^n, 0 \in Y_k$.

6. Совокупное технологическое множество Y выпукло и удовлетворяет условию $Y \cap R_n^+ = \{0\}$. Не может существовать положительного чистого выпуска, хотя бы по одному товару, без существования, хотя бы по одному товару (ресурсу), отрицательных затрат.

7. Существуют $l \times m$ неотрицательных констант α_{ik}, $\sum_{i=1}^{l} \alpha_{ik} = 1$, для $k = 1,...,m$ таких, что $K_i(\vec{p}) = \langle \vec{p}, \vec{b}_i \rangle + \sum_{k=1}^{m} \alpha_{ik} \times \langle \vec{p}, \vec{y}_k \rangle$, где α_{ik} – доля участия *i*-го потребителя в прибыли *k*-го производителя.

Налогообложение в модели Вальраса. Каждый потребитель экономики Вальраса характеризуется функцией спроса $\Phi_i(\vec{p})$ и функцией дохода $K_i(\vec{p}) = \langle \vec{p}, \vec{b}_i \rangle + \sum_{k=1}^{m} \alpha_{ik} \times \langle \vec{p}, \vec{y}_k \rangle$, которая, как видно, напрямую связана с функцией предложения фирмы: $\Psi_k(\vec{p}) = \left\{ \vec{y}_k^{\,*} : \vec{y}_k \in Y_k, \langle \vec{p}, \vec{y}_k^{\,*} \rangle = \max_{\vec{y}_k \in Y_k} \langle \vec{p}, \vec{y}_k \rangle \right\}$.

Будем считать [1], что функция спроса после введения вектора налогов на прибыль $\vec{t} = (t_1,...,t_n)$, $0 \leq t_i \leq 1$ не меняется (товар первой необходимости), а функция предложения изменится, так как будет иметь вид:

$$\Psi_k^t(\vec{p}) = \left\{ \vec{y}_k^{\,t} : \vec{y} \in Y_k, \quad \langle \vec{p}_t, \vec{y}_k^{\,t} \rangle = \max_{\vec{y}_k \in Y_k} \langle \vec{p}_t, \vec{y}_k \rangle \right\}. \quad (12)$$

В формуле (12) введение налога на прибыль определит новую вектор-цену $\vec{p}_t = ((1-t_1)p_1,..., (1-t_n)p_n)$ с меньшими координатами. Для каждого фиксированного k, чтобы не потерять прибыль, второй вектор скалярного произведения $\vec{y}_k$ должен быть увеличен. Затраты на получение той же прибыли увеличились. Суммарный вектор совокупного предложения покоординатно увеличится, и скалярное произведение в левой части формулы (11) увеличится. Для получения нового конкурентного равновесия придется увеличивать вектор конкурентных цен.

В ы в о д. *При линейной замене, вызванной введением налога на прибыль, условия теоремы Эрроу–Дебре, как нетрудно заметить, не меняются. Следовательно, новое конкурентное равновесие существует. Оно реализуется при более высоких конкурентных ценах, и для его достижения необходимо выбирать другое управляющее правило. Требуется государственное вмешательство.*

5. Модель Кейнса. Следуя [2], будем модель Кейнса, взаимодействие разных рынков, строить поэтапно.

Рынок рабочей силы. Пусть K – фонды, L – трудовые ресурсы, $F(K,L)$ – производственная функция. Если p – цена выпускаемого продукта, а w – ставка заработной платы, то в состоянии *равновесия* предельный продукт труда в стоимостном выражении равен ставке заработной платы или: $p\frac{\partial F}{\partial L} = w$. Пусть $L(D)$ – спрос на рабочую силу, $L(S)$ – функция предложения рабочей силы (рис. 2).

Рынок денег. Пусть Y – валовой внутренний продукт, p – цена, k – коэффициент. Предположим линейную зависимость: $M(D) = kYp$. Функция предложения денег – константа (фиксированная на определенное время, экзогенная величина). Равновесие на рынке денег описывает рис. 3.

Если цена $\tilde{p}^0 < p^0$, то имеется избыточное предложение денег, и в этом случае постулируется, что цены растут до p^0.

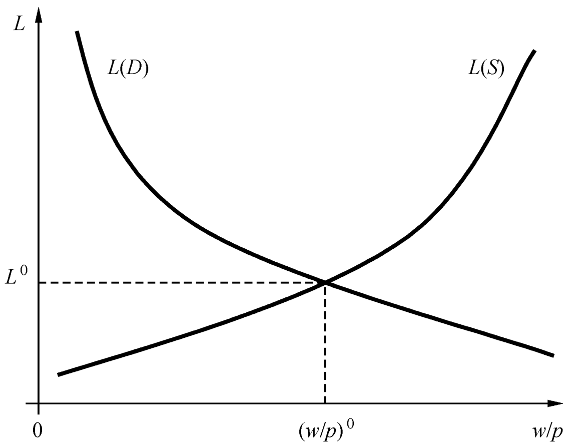

Рис. 2. Зависимость спроса и предложения рабочей силы от реальной заработной платы

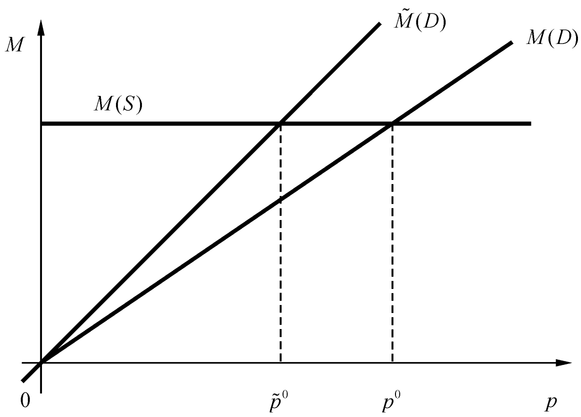

Рис. 3. Равновесие на рынке денег

Рынок товаров. Мы рассматриваем не только товары потребления, но и инвестиции. Скорее это *рынок траты денег*. Планируемые расходы $E = C(r) + I(r)$. Это потребительские и инвестиционные *товары*. Эти обе функции убывают с ростом цен. В классической модели [2] *функция предложения товаров* $Y = Y(L^0)$ является функцией уровня занятости L^0, определяемого на рынке рабочей силы.

Объединяя уравнения и условия равновесия, получаем классическую модель в полном объеме.

Рынок рабочей силы:

$$L(S) = L(S)\,(w/p), L(D) = L(D)\,(w/p), \quad (13)$$

$$L(S)\left[\left(\frac{w}{p}\right)^0\right] = L(D)\left[\left(\frac{w}{p}\right)^0\right] = L^0. \quad (14)$$

Рынок денег:

$$M(S) = \text{Const}, \quad M(D) = kpY + Lq(r), \quad (15)$$

$$M(S) = M(D) = kp^0 Y. \quad (16)$$

Рынок товаров:

$$Y = Y(L^0), \quad E = C(r) + I(r),$$

$$Y(L^0) = C(r^0) + I(r^0) = Y^0. \quad (17)$$

Покажем, как действия налоговой службы на рынке товаров предполагают появление нового равновесия. Рассмотрим, как такой сдвиг повлияет на остальные рынки и решение задачи на экстремум в этих условиях.

Налоги в модель Кейнса. Условие равновесия на рынке товаров (17) запишется в виде уравнения $Y = Y(L) = a + bY(L) + d - \mu r$, из этого уравнения получаем:

$$Y^G = Y^G(L) = \frac{a+d}{1-b} - \left(\frac{\mu}{1-b}\right) r. \quad (18)$$

Условие равновесия (16) записывается в виде:

$$Y^M = Y^M(L) = \frac{M(S) - h}{kp} + \left(\frac{j}{kp}\right) r. \quad (19)$$

Уравнения (18) и (19) – это две линейные функции, одна из которых возрастает – Y^M, а другая убывает – Y^G. Их точка пересечения единственна. Совокупное равновесие на рынке денег и товаров однозначно определяет фактическую потребность в рабочей силе $Y^0 = F(R, L^0)$. Если точка с координатами (L^0, Y^0) еще и лежит на кривой, определяющей производственную функцию и L^0 соответствует точке пересечения кривых спроса и предложения рабочей силы, то справедлива полная картина равновесия рынков (рис. 4).

Введение налога на рынке товаров увеличивает цену на товар, в том числе и равновесную цену. Новое, равновесное, для $p_t > p$ значение r_t будет больше, чем r^0. На рис. 4 видно, что производство товаров снизится: $Y_t < Y^0$. Упадет уровень занятости: $L_t < L^0$. Кривая спроса $L(D)$ и ставка заработной платы $w_t < w$ упадут. Модель не предполагает автоматического установления нового баланса (равновесия). Следовательно, для перехода к полной занятости нужна специальная государственная политика. Например, изменение кривой производственной функции экономики $F(K, L)$ на другую, растущую быстрее (на рисунке – точечный пунктир). Видна необходимость перевооружения экономики. Экономический прирост должен составить отрезок, обозначенный на рисунке интенсивным черным цветом.

Как видно из рис. 4, для достижения равновесия необходимо повысить эффективность экономики.

Таким образом, все разобранные выше модели введения налога в известные схемы дина-

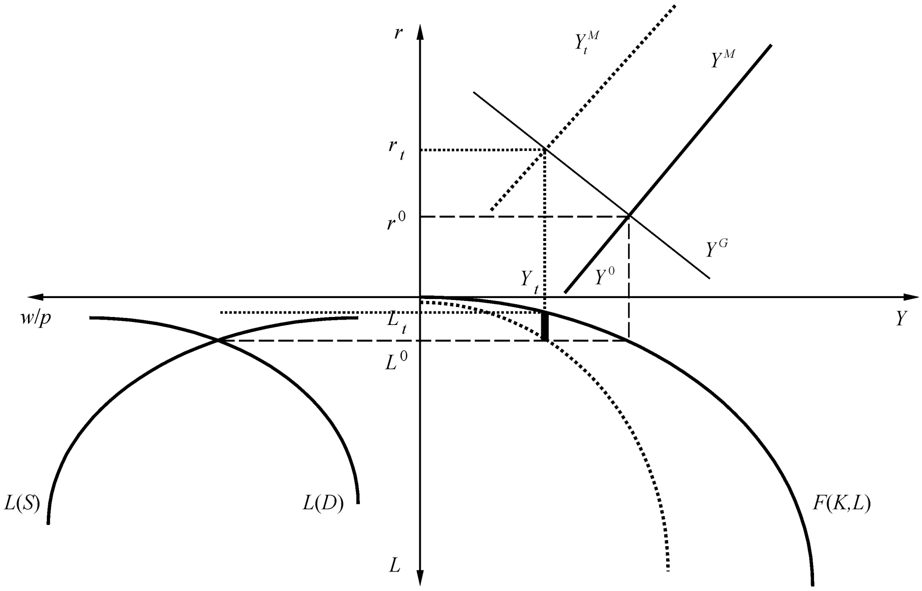

Рис. 4. Равновесие рынков

мики развития экономик или условий равновесия меняются. Для нормального сбора налогов в условиях равновесия всех рынков необходима реконструкция экономики. Простое увеличение налогов вызовет дестабилизацию всех основных рынков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Малыхин В. И.* Экономико-математическое моделирование налогообложения : учеб. пособ. / В. И. Малыхин. – М., 2003. – С. 98.

2. *Колемаев В. А.* Математическая экономика / В. А. Колемаев. – М. : ЮНИТИ, 2005. – С. 400.

3. *Малыхин В. И.* Финансовая математика и модели налогообложения / В. И. Малыхин, С. И. Моисеев, В. А. Родин. – Воронеж : ИММиФ, 2008. – С. 278.

4. *Родин В. А.* Налоги в модели Кейнса, взаимосвязь и анализ трех рынков / В. А. Родин, В. С. Струков // Вестник ВИ МВД России. – 2007. – № 1. – С. 141–146.

5. *Думачев В. Н.* О критических параметрах налогообложения модели Неймана / В. Н. Думачев, В. А. Родин // Вестник ВИ МВД России. – 2006. – № 26. – С. 39–43.

6. *Гречаный С. А.* Оптимизация суммарного налогообложения случайно изменяющегося производства на базе марковской модели принятия решений / С. А. Гречаный, В. А. Родин // Актуальные проблемы математики и информатики : труды матем. фак. ВГУ. – 2008. – № 2. – С. 15–21.

Воронежский государственный университет

Терновский В. А., соискатель факультета компьютерных наук

E-mail: vladislav-ternovskij@yandex.ru

Тел.: 8-906-670-48-21

Voronezh State University

Ternovsky V. A., Post-graduate Student of the Faculty of Computer Sciences

E-mail: vladislav-ternovskij@yandex.ru

Tel.: 8-906-670-48-21